



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 28 108 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**F 02 B 15/00**  
F 02 F 3/28

⑲ Aktenzeichen: 199 28 108.4  
⑳ Anmeldetag: 19. 6. 1999  
㉑ Offenlegungstag: 28. 12. 2000

DE 199 28 108 A 1

⑦ Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

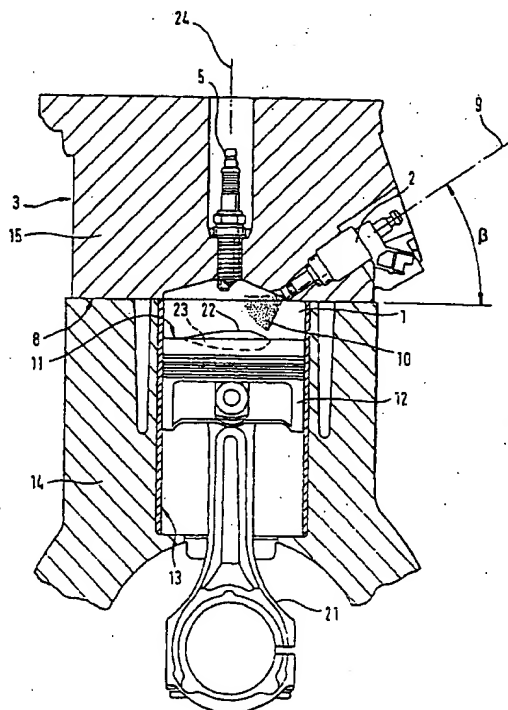
⑧ Erfinder:  
Altenschmidt, Frank, Dipl.-Ing., 88400 Biberach, DE;  
Moser, Uwe, Dipl.-Ing., 73666 Baltmannsweiler, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Kolben für tumblegestützte Brennverfahren

⑤⑤ Die Erfindung bezieht sich auf einen Ottomotor mit einer Vorrichtung zum Einbringen von Kraftstoff 10 in einen Verbrennungsraum 1 mittels einer in einem Winkel angeordneten Einspritzdüse 2, der eine in einem Kolben 12 vorgesehene Mulde 23 zugeordnet ist, wobei eine Kraftstoffwolke 4 in eine Tumblebewegung versetzt wird, wobei in einem Kolbenboden 11 die Mulde 23 sowie die Einspritzdüse 2 derart zueinander angeordnet und ausgebildet sind, daß die Kraftstoffwolke 4 den Kolbenboden 11 im wesentlichen nicht benetzt und die Tumbleströmung durch die Mulde 23 unterstützt wird.



DE 199 28 108 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf Ottomotor mit einer Vorrichtung zum Einbringen von Kraftstoff in einen Verbrennungsraum mittels einer in einem Winkel angeordneten Einspritzdüse, der eine in einem Kolben vorgesehene Mulde zugeordnet ist, wobei eine Kraftstoffwolke in eine Tumblebewegung versetzt wird.

Es sind bereits verschiedene Kolben der eingangs aufgeführten Art bekannt (SAE 970627), die eine Mulde zur besseren Gemischaufbereitung aufweisen. Diese Kolben sind derart ausgebildet, daß auf Grund der Kolbenform die Gemischaufbereitung in strömungstechnischer Hinsicht so beeinflusst wird, daß die Gemischwolke in der Nähe der Zündkerze entsteht. Hierbei treten Totraumgebiete auf, in denen niedergeschlagener Kraftstoff nicht mehr abgedampft werden kann.

Demgemäß besteht die Erfindungsaufgabe darin, den Kolbenboden und damit die Ladungsbewegung im Verbrennungsraum derart zu gestalten, daß eine möglichst schnelle, vollständige, luftgeführte und tumblegestützte Verbrennung erzielt wird.

Gelöst wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, daß in einem Kolbenboden eine Mulde sowie eine Einspritzdüse derart zueinander angeordnet und ausgebildet sind, daß die Kraftstoffwolke den Kolbenboden im wesentlichen nicht benetzt und die Tumbleströmung durch die Mulde unterstützt wird.

Hierdurch wird erreicht, daß während der Ladungsbewegung (Tumble) das Kraftstoff-Luft-Gemisch den Kolben und die Zylinderwände nicht benetzt, was dazu führt, daß der Verbrennungswirkungsgrad verbessert und die Emission von Ruß, HC und CO vermindert wird.

Ferner ist es vorteilhaft, daß sich der Querschnitt der Mulde von oben gesehen in Richtung des Kraftstoffstrahls stetig erweitert, da der Kraftstoffstrahl sich ebenfalls stetig erweitert. Ein Benetzen des Kolbenbodens wird somit im wesentlichen verhindert.

Eine zusätzliche Möglichkeit ist gemäß einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, daß der Querschnitt der Mulde zumindest teilweise U-förmig, ausgebildet ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es vorteilhaft, daß die Muldenprojektionsfläche mit Bezug auf die Draufsicht aus zwei Teilflächen gebildet ist, wobei die kleinere Teilfläche eine Länge L1 bis zur Kolbenmittellachse zwischen 15 mm und 35 mm und am äußeren Ende eine Breite B1 zwischen 10 mm und 25 mm aufweist und die größere Teilfläche bis zur Kolbenmittellachse eine Länge L2 zwischen 10 mm und 40 mm und am äußeren Ende eine Breite B2 zwischen 20 mm und 60 mm aufweist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung ist schließlich vorgesehen, daß der Muldenboden im Längsschnitt geneigt verlaufend ausgebildet und seine größte Tiefe im Bereich der Einspritzdüse vorgesehen ist, wobei der Muldenboden von der Kolbenmittellachse ausgehend zum Kolbenboden hin ausläuft. Dadurch werden Totraumgebiete vermieden, in denen sich Kraftstoff absetzt, der während der anschließenden Verbrennung nicht mehr rechtzeitig abgedampft werden kann. Der Muldenboden ist somit entsprechend der Tumbleströmung ausgebildet und begünstigt die luftgeführte Verbrennung.

Von besonderer Bedeutung ist für die vorliegende Erfindung, daß die Kolbenmulde mit Bezug auf den Kolbenboden eine Tiefe T1 zwischen 2 mm und 10 mm aufweist und eine Erhöhung auf dem Kolbenboden im Bereich mindestens einer Seitenwand der Kolbenmulde vorgesehen ist, wobei die Erhöhung vom Kolbenboden aus gemessen eine

Tiefe T2 zwischen 6 mm und 14 mm aufweist.

Im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Ausbildung und Anordnung ist es von Vorteil, daß die Einspritzdüse im Bereich von mindestens zwei Einlaßventilen angeordnet ist und die Mittellachse dieser Einspritzdüse zur Zylinderkopfunterseite einen Winkel  $\beta$  zwischen  $10^\circ$  und  $60^\circ$  oder  $20^\circ$  und  $50^\circ$  aufweist. Mit der so angeordneten Einspritzdüse wird die Kraftstoffwolke im Hinblick auf die Tumbleströmung entsprechend der Kolbenmulde in den Verbrennungsraum gebracht und eine luftgeführte Verbrennung möglich.

Vorteilhaft ist es ferner, daß der Einspritzdruck der Einspritzdüse derart beliebig steuerbar ist, daß die Kraftstoffwolke unterschiedlich tief in den Verbrennungsraum eindringt.

Außerdem ist es vorteilhaft, daß der Einspritzdruck der Einspritzdüse mindestens zwischen 1,5 bar und 2,0 bar über dem Brennraumdruck liegt. Dies gewährleistet, daß entsprechend der Drehzahl des Motors die Gemischwolke optimal im Verbrennungsraum plaziert wird.

Hierzu ist es vorteilhaft, daß zwischen einer Mittellachse der Einlaßventile und der Zylindermittellachse ein Winkel  $\sigma$  zwischen  $20^\circ$  und  $25^\circ$  oder  $23^\circ$  gebildet ist. Die durch die Einlaßventile eintretende Luft wird derart gelenkt, daß die Ausbildung der luftgeführten Tumbleströmung gewährleistet ist.

Ferner ist es vorteilhaft, daß zwischen einer Mittellachse der Auslaßventile und der Zylindermittellachse ein Winkel  $\delta$  zwischen  $12^\circ$  und  $16^\circ$  oder  $14^\circ$  gebildet ist.

Die derart angeordneten Ein- bzw. Auslaßventile ermöglichen in Verbindung mit dem Einspritzwinkel der Einspritzdüse das Einbringen des Kraftstoffs, ohne im wesentlichen die Zylinderwand oder den Kolbenboden zu benetzen. Dies bietet die Voraussetzung für ein luftunterstütztes Brennverfahren in der beschriebenen Art und Weise.

Vorteilhaft ist es ferner, daß der Winkel  $\sigma$  größer ist als der Winkel  $\delta$ .

Im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Ausbildung und Anordnung ist es von Vorteil, daß mindestens zwei Einlaßventile und mindestens ein Auslaßventil mit Bezug auf die Kolbenmittellachse auf einem Bogen angeordnet sind. Die Symmetrie dieser Anordnung gewährleistet die Ausbildung des Tumbles und damit eine schnelle und luftgeführte Verbrennung.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sind in den Patentansprüchen und in der Beschreibung erläutert und in den Figuren dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 eine Schnittdarstellung eines Zylinderkopfs und eines Zylinderfußes mit Pleuel, Kolben, Zündkerze und Einspritzdüse,

Fig. 2 eine Schnittdarstellung des Zylinderkopfs mit Ein- und Auslaßventilen,

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Ein- und Auslaßventile in der Ansicht von oben,

Fig. 4 eine Teildarstellung von Zündkerze und Kraftstoffstrahl,

Fig. 5 eine Ansicht des Kolbens von oben,

Fig. 6 eine Schnittdarstellung des Kolbens entlang der Linie B-B gemäß Fig. 5,

Fig. 7 eine Schnittdarstellung des Kolbens entlang der Linie A-A gemäß Fig. 5.

In der Zeichnung ist in Fig. 1 und Fig. 2 ein Zylinderkopf mit 3 bezeichnet, der aus einem Zylinderkopfgehäuse 15 besteht, an dessen oberem Ende ein Flansch 16 zur Aufnahme eines in der Zeichnung nicht dargestellten Zylinderkopfdeckels vorgesehen ist.

In Fig. 1 ist ferner ein Zylinderfußgehäuse 14 dargestellt, das zur Aufnahme eines Kolbens 12 mit einem Pleuel 21

dient und eine Zylinderwand 13 aufweist.

Im Zylinderkopf 3 befinden sich in Fig. 2 dargestellte Ein- und Auslaßkanäle 17, 18 sowie in der Zeichnung nicht dargestellte weitere Ein- und Auslaßkanäle. Ferner weist der Zylinderkopf 3 Ein- und Auslaßventile 6, 7 auf, die mit Bezug auf eine Zylindermittelachse 24 geneigt verlaufend angeordnet sind. Die Ein- und Auslaßventile 6, 7 werden über eine Ventilsteuereinrichtung 19, 20 betätigt.

Der in Fig. 1 dargestellte Zylinderkopf 3 bildet mit einem Kolbenboden 11 und der Zylinderwand 13 einen Verbrennungsraum 1. Im Verbrennungsraum 1 wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch nach dem Verdichtungsverfahren über eine Zündkerze 5 gezündet. Im Anschluß an den Arbeitshub erfolgt das Ausblasen der Abgase über die Auslaßventile 6, 7 (Fig. 3). Bei dem nun folgenden Ansaugvorgang wird über die Einlaßkanäle 17 und die Einlaßventile 6, 6' Luft angesaugt. Die Kraftstoffzufuhr erfolgt entweder im Ansaugvorgang (Homogenbetrieb) oder im darauffolgenden Kompressionsvorgang (Schichtbetrieb).

In Fig. 4 ist eine Einspritzdüse 2 dargestellt, deren Mittelachse 9 mit Bezug auf eine Zylinderkopfunterseite 8 in einem Winkel  $\beta$  angeordnet ist. Der Winkel  $\beta$  kann eine Größe zwischen 20° und 75° aufweisen. Ist die Einspritzdüse 2 als luftunterstützte Einspritzdüse ausgebildet, liegt der Winkel  $\beta$  in einem Bereich zwischen 20° und 45°. Bei einer reinen Hochdruck-Einspritzdüse 2 liegt der Winkel  $\beta$  in einem Bereich zwischen 35° und 75°.

Ein Kraftstoffstrahl 10 weist beim Austritt aus der Einspritzdüse 2 einen Öffnungswinkel  $\tau$  zwischen 40° und 90° auf. Dieser Winkel kann etwas größer oder etwas kleiner sein, d. h. zwischen 50° und 100° oder zwischen 20° und 70°.

Eine luftunterstützte Einspritzdüse 2 wird mit Kraftstoff und mit Luft versorgt. Der Kraftstoff wird zusammen mit der Luft in den Verbrennungsraum eingebracht. Eine Hochdruck-Einspritzdüse 2 bringt nur Kraftstoff in den Verbrennungsraum.

Gemäß Fig. 4 ist die Einspritzdüse 2 derart ausgebildet und angeordnet, daß ein eintretender Kraftstoffstrahl 10 die Zündkerze 5 nicht benetzt. Es ist vorgesehen, daß der Kraftstoffstrahl 10 in etwa parallel zur Zylinderkopfunterseite 8 verläuft und einen Abstand A zur Zündkerze 5 zwischen 1 mm und 7 mm aufweist. Der Einspritzdruck der Einspritzdüse 2 variiert zwischen 1,5 bar und 80 bar über dem Brennraumdruck.

Die Anordnung der Einspritzdüse 2 im Zylinderkopf 3 ergibt sich aus Fig. 3, aus der hervorgeht, daß die Einspritzdüse 2 zwischen den beiden Einlaßventilen 6, 6' vorgesehen und auf die Zündkerze 5 ausgerichtet ist, die koaxial zur Zylindermittelachse 24 angeordnet ist. Es ist auch möglich, die Zündkerze 5 in Bezug auf die Zylindermittelachse 24 geneigt verlaufend anzuordnen.

Der Kolbenboden 11 weist, wie in Fig. 5-7 dargestellt, eine Erhöhung 22 und eine Mulde 23 auf. In Fig. 5 sind der Kolben 12 und die Mulde 23 von oben dargestellt. Die Mulde 23 weist Seitenwände 30 auf, die sich einlaßseitig, von ihrer schmalen Seite B1 ausgehend, entsprechend dem Kraftstoffstrahl 10 stetig bis auf ihre maximale Breite B2 aufweiten. B1 kann hierbei zwischen 10 mm und 25 mm und B2 zwischen 20 mm und 60 mm aufweisen.

Am Anfang und am Ende wird die Mulde 23 durch zwei Radien  $R_1$  und  $R_2$  begrenzt, wobei die Seitenwände 30 beide Radien über eine Bogenform stetig verbinden.

In Fig. 7 ist der Längsschnitt A-A der Mulde 23 bzw. des Kolbens 12 dargestellt. Die Muldentiefe T1 nimmt von der Einlaßseite ausgehend, ebenfalls, angelehnt an die Ausbildung der Kraftstoffwolke 10, zunächst stetig auf 10 mm zu. Ab der Kolbenmitte bleibt die Tiefe der Mulde 23 konstant

und schließt am hinteren Ende über zwei Radien  $R_3$  und  $R_4$  mit dem Kolbenboden 11 ab. Die Radien  $R_3$  und  $R_4$  haben eine Größe von 8 mm und 2 mm. Der Muldeneinlauf wird ebenfalls von zwei Radien  $R_5$  und  $R_6$  gebildet. Der mittlere Teil zwischen Muldenkante und Kolbenmitte weist einen Radius  $R_6$  von ca. 160 mm auf.

Nach Fig. 6 ist die Mulde 23 im Querschnitt B-B U-förmig ausgebildet und weist an ihrer tiefsten Stelle eine Tiefe T1 zum Kolbenboden 11 zwischen 2 mm und 10 mm auf.

An jeder Seitenwand 30 der Mulde 23 ist je eine Erhöhung 22 auf dem Kolbenboden 11 vorgesehen. Die Mulde 23 weist zu diesen Erhöhungen 22 eine relative Tiefe T2 zwischen 6 mm und 14 mm auf. Die Seitenwände 30 bilden mit der Vertikalen einen Winkel  $\alpha$  zwischen 3° und 7°.

Die Erhöhung 22 wird von der Muldenkante aus über einen Radius  $R_7$  von 2 mm gebildet, dem ein Radius  $R_8$  von ca. 20 mm angeschlossen ist. Die Erhöhung 22 schließt gemäß Fig. 7 an der vorderen und hinteren Seite im Bereich der Muldenkante mit dem Kolbenboden 11 ab bzw. läuft dort zum Kolbenboden 11 hin stetig aus.

Der Kolbenboden bzw. die Kolbenmulde ist derart ausgebildet, daß die im Verbrennungsraum 1 generierte Tumbleströmung unterstützt wird und somit keine Totraumgebiete, in denen sich Kraftstoff absetzt und nicht wieder abgedampft werden kann, entstehen können.

Der Kolben 12 ist für direkteinspritzende Ottomotoren mit symmetrischer Tumbleeinlaßströmung ausgelegt, wobei zwei bis drei Einlaßventile und ein bis zwei Auslaßventile vorgesehen sein können, die mit Bezug auf die Kolbenmittelachse 24 auf einem Bogen angeordnet sind.

Einen erheblichen Einfluß auf die Ausbildung der Ladbewegung hat die unterschiedliche Stellung der Ein- und Auslaßventile 6, 7 gemäß Fig. 4 und Fig. 6. Die Einlaßventile 6, 6' bilden mit einer Mittelachse 26 und der Zylindermittelachse 24 einen Winkel  $\sigma$  von 23° und die Auslaßventile 7, 7' einen Winkel  $\delta$  von 14° zwischen einer Mittelachse 27 und der Zylindermittelachse 24.

Die dargestellte Anordnung und Ausbildung der Einspritzdüse 2, der Ein- und Auslaßventile 6, 7, der Zündkerze 5 und des Kolbenbodens 11 ermöglicht ein luftgeführtes Brennverfahren. Hierbei wird die Benetzung des Kolbenbodens 11 oder der Zylinderwand 13 mit Kraftstoff nahezu vermieden bzw. im Fall der Benetzung eine schnellstmögliche Abdampfung gewährleistet.

Bei der im Verbrennungsraum 1 generierten Tumbleströmung wird der fein zerstäubte Kraftstoff entsprechend dem Kraftstoffstrahl 10 mitgetragen. Je größer die großräumige Strömungsgeschwindigkeit ist, desto mehr Volumen wird durch den Kraftstoff 10 erfaßt und mit der angesaugten Luft vermischt bzw. aufbereitet. Der eventuell an der Zylinderwand 13 oder am Kolbenboden 11 aufgetragene Kraftstoff 10 wird durch die Tumbleströmung wieder abgetragen. Ein rußendes, mit hohen HC- und CO-Werten verbundenes Abbrennen des Kraftstoffs 10 wird verhindert.

#### Patentansprüche

1. Ottomotor mit einer Vorrichtung zum Einbringen von Kraftstoff (10) in einen Verbrennungsraum (1) mittels einer in einem Winkel angeordneten Einspritzdüse (2), der eine in einem Kolben (12) vorgesehene Mulde (23) zugeordnet ist, wobei eine Kraftstoffwolke (4) in eine Tumblebewegung versetzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Kolbenboden (11) die Mulde (23) sowie eine Einspritzdüse (2) derart zueinander angeordnet und ausgebildet sind, daß die Kraftstoffwolke (4) den Kolbenboden (11) im wesentlichen nicht benetzt und die Tumbleströmung durch die

Mulde (23) unterstützt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Querschnitt der Mulde (23) von oben gesehen in Richtung des Kraftstoffstrahls (10) stetig erweitert.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Mulde (23) zumindest teilweise U-förmig ausgebildet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Muldenprojektionsfläche (29) mit Bezug auf die Draufsicht aus zwei Teilflächen gebildet ist, wobei die kleinere Teilfläche (29') eine Länge L1 bis zur Kolbenmittelachse (24) zwischen 15 mm und 35 mm und am äußeren Ende eine Breite B1 zwischen 10 mm und 25 mm aufweist und die größere Teilfläche (29'') bis zur Kolbenmittelachse (24) eine Länge L2 zwischen 10 mm und 40 mm und am äußeren Ende eine Breite B2 zwischen 20 mm und 60 mm aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Muldenboden (23') im Längsschnitt geneigt verlaufend ausgebildet und seine größte Tiefe im Bereich der Einspritzdüse vorgesehen ist, wobei der Muldenboden (23') von der Kolbenmittelachse (24) ausgehend zum Kolbenboden (11) hin ausläuft.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenmulde (23) mit Bezug auf den Kolbenboden (11) eine Tiefe T1 zwischen 2 mm und 10 mm aufweist und eine Erhöhung (22) auf dem Kolbenboden (11) im Bereich mindestens einer Seitenwand (30) der Kolbenmulde (23) vorgesehen ist, wobei die Erhöhung (22) vom Kolbenboden (11) aus gemessen eine Tiefe T2 zwischen 6 mm und 14 mm aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzdüse (2) im Bereich von mindestens zwei Einlaßventilen (6, 6') angeordnet ist und die Mittelachse (9) dieser Einspritzdüse (2) zur Zylinderkopfunterseite (8) einen Winkel  $\beta$  zwischen 10° und 60° oder 20° und 50° aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Einspritzdruck der Einspritzdüse (2) derart beliebig steuerbar ist, daß die Kraftstoffwolke (4) unterschiedlich tief in den Verbrennungsraum (1) eindringt.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Einspritzdruck der Einspritzdüse (2) mindestens zwischen 1,5 bar und 2,0 bar über dem Brennraumdruck liegt.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einer Mittelachse (26) der Einlaßventile (6, 6') und der Zylindermittelachse (24) ein Winkel  $\sigma$  zwischen 20° und 25° oder 23° gebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einer Mittelachse (27) der Auslaßventile (7, 7') und der Zylindermittelachse (24) ein Winkel  $\delta$  zwischen 12° und 16° oder 14° gebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel  $\sigma$  größer ist als der Winkel  $\delta$ .

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Einlaßventile (6) und mindestens ein Auslaßventil (7) mit Bezug auf die Kolbenmittelachse (24) auf einem

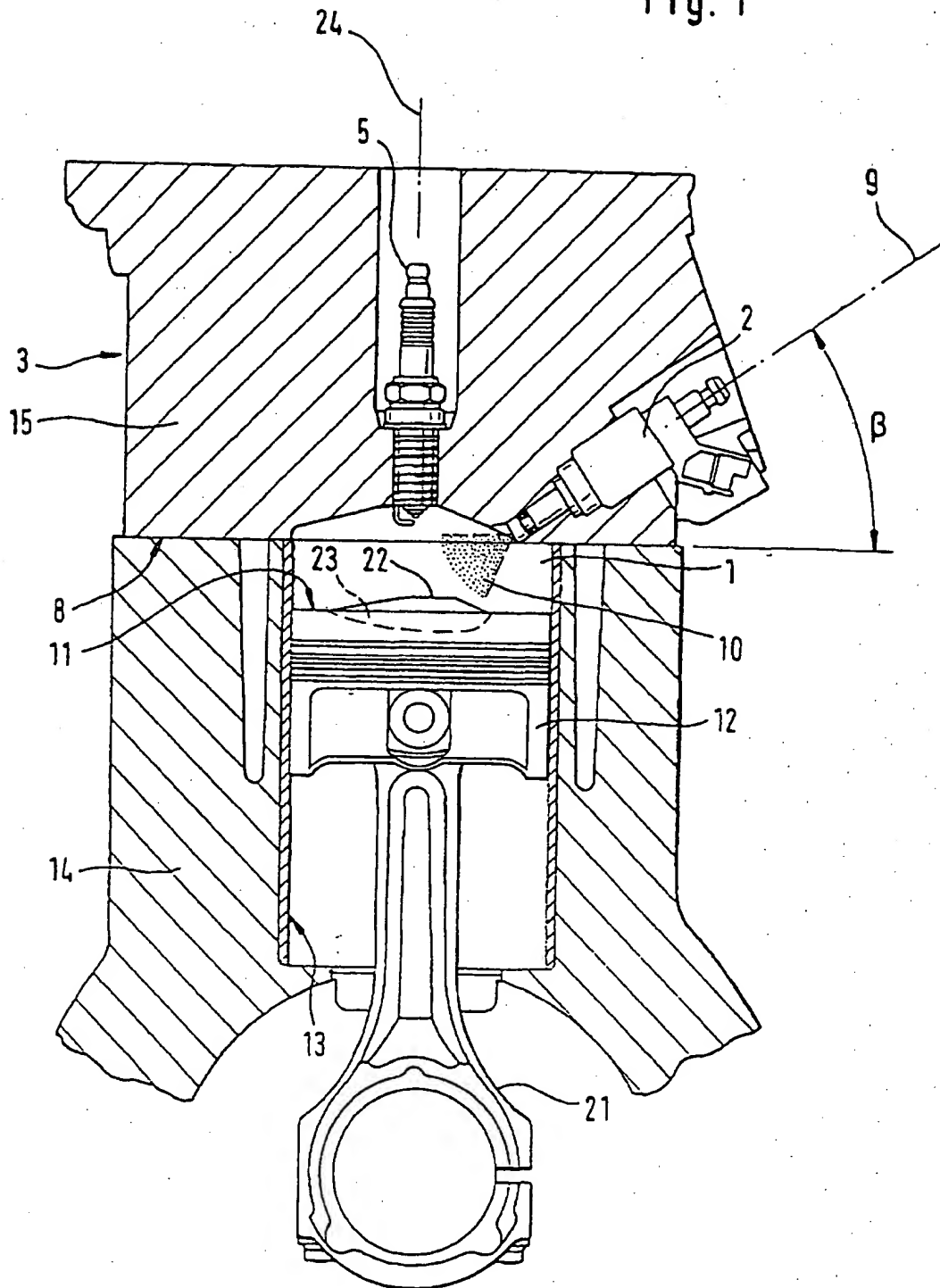
Bogen angeordnet sind.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1



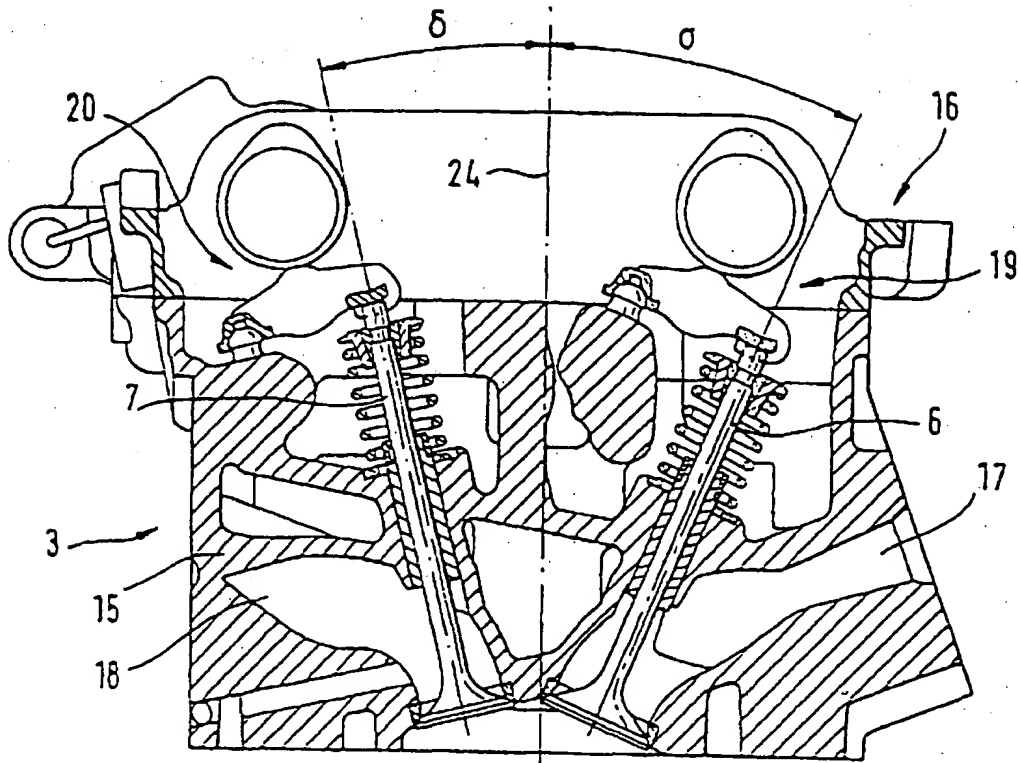


Fig. 2

Fig. 3

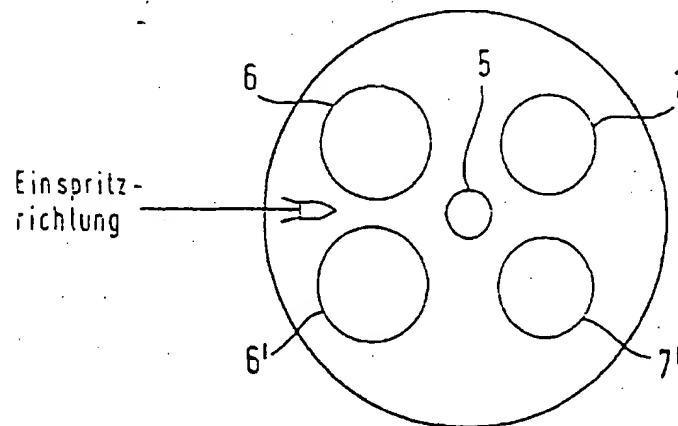


Fig. 4

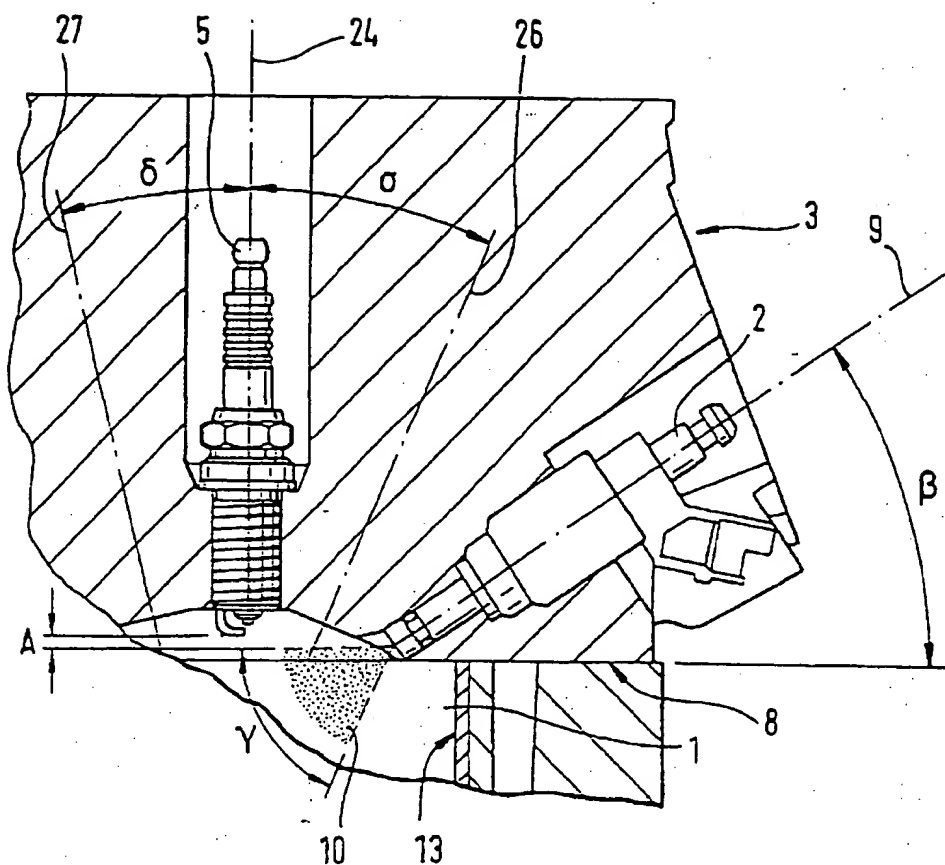


Fig. 5

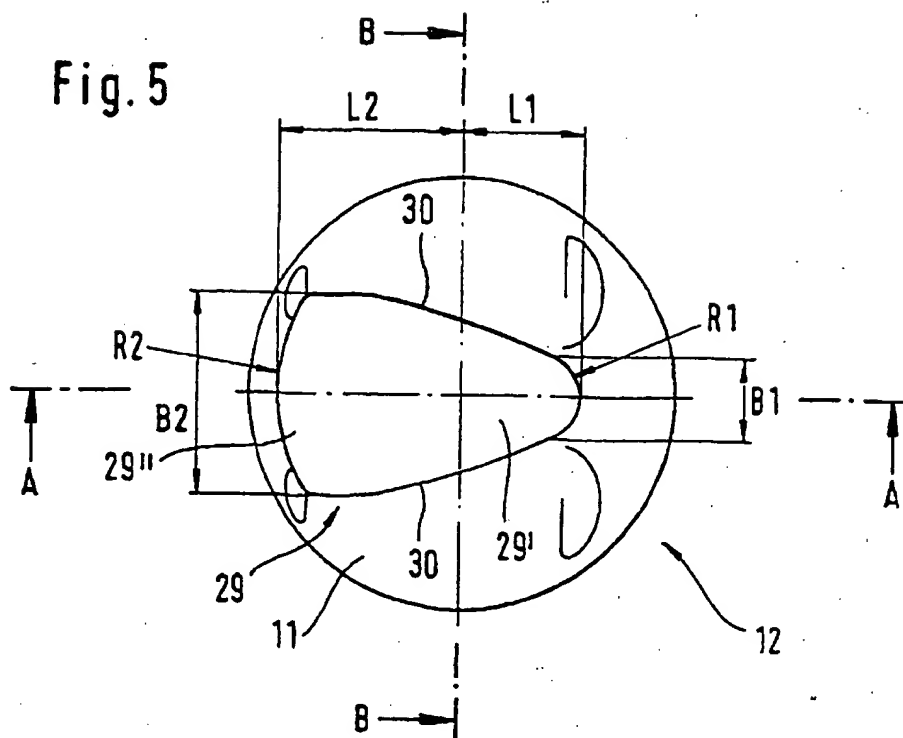


Fig. 6

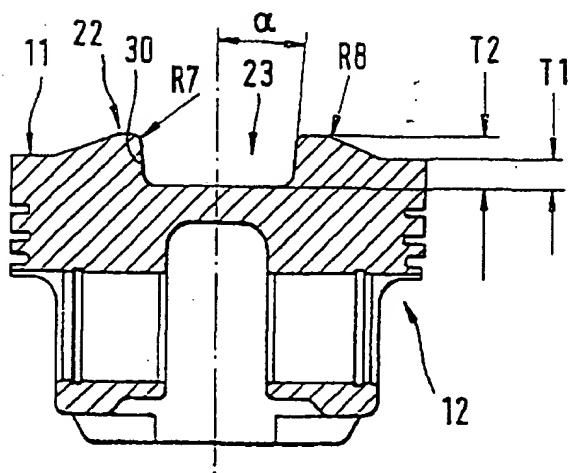


Fig. 7

